10.22092/sppi.2021.123895

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۶، شماره ۴، سال ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

ارزیابی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امید بخش گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در مناطق معتدل ایران

Evaluation of Grain Yield Stability of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Promising Lines in Temperate Regions of Iran

فرشاد بختیار[۱]، گودرز نجفیان[۲]، امیرکیوان کفاشی[۳]، احمد جعفرنژاد[۴]، فضل اله حسنی[۵]، احمد زارع فیض آبادی[۶]، داوود امین آزرم[۷]، عزت اله نباتی[۸] و حسن عبدی[۹]

۱- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۲- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۳- پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
۴- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نیشابور، ایران.
۵- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران.
۶- استاد، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۷- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
۸- پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بروجرد، ایران.
۹- پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۳

چکیده

بختیار، ف.، نجفیان، گ.، کفاشی، ا.ک.، جعفر نژاد، ا.، حسنی، ف.، زارع فیض آبادی، ا.، امین آزرم، د.، نباتی، ع. و عبدی، ح. ۱۳۹۹. ارزیابی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امید بخش گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در مناطق معتدل ایران. **مجله نهال و بذر ۳۶:** ۴۸۱-۴۶۱.

در این پژوهش سازگاری و پایداری عملکرد دانه ۱۸ لاین امید بخش گندم نان به همراه ارقام شاهد پارسی و بهاران در هشت ایستگاه تحقیقاتی کرج،کرمانشاه، زرقان، بروجرد و مشهد (آبیاری بهینه)، نیشابور، اصفهان و ورامین (قطع آبیاری از مرحله سنبله دهی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۶- ۱۳۹۴) ارزیابی شد. تجزیه واریانس مرکب داده های عملکرد دانه نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ × سال × مکان و سال × مکان معنی دار شدند. با توجه به معنی دار شدن این آثار متقابل، برای تعیین پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از معیار پایداری غیر پارامتری رتبه بندی و روش چند متغیره اثر اصلی جمع پذیر و ضرب پذیر (AMMI) استفاده شد. مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها نشان داد که لاین‌های شماره ۱۶، ۱۲، ۱۰ و ۱۵ به ترتیب از بالاترین عملکرد دانه برخوردار بودند. تجزیه ناپارامتری رتبه نشان داد که ژنوتیپ‌های ۴ ، ۱۲، ۱۴، ۱۵ و ۱۶ به ترتیب با کمترین رتبه، و انحراف معیار رتبه دارای پایدارترین عملکرد دانه بودند. با استفاده از نمودار بای‌پلات دو مولفه اصلی اول و دوم AMMI، ژنوتیپ‌های ۲، ۴، ۱۳ و ۱۴ به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه پایدار شناخته شدند که دارای آماره ارزش پایداری AMMI (ASV) کمتری نیز بودند. با توجه به نتایج بدست آمده برای عملکرد دانه و سایر خصوصیات زراعی مطلوب ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۵ و ۱۶ دارای پتانسیل عملکرد دانه بالا و پایداری عملکرد بودند و برای نامگذاری و آزاد سازی در منطقه معتدل کشور انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، آبیاری بهینه، پارامترهای پایداری، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، ارزش پایداری AMMI

نگارنده مسئول: F_bakhtiar2002@yahoo.com تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۲۶۹۸

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) یکی از محصولات عمده غذایی در جهان است که از اهمیت اقتصادی و سیاسی بالایی برخوردار می‌باشد. این گیاه در مناطق معتدل مدیترانه‌ای و نیمه گرمسیری کشت می‌شود. سطح زیرکشت گندم در سال زراعی ۱۸-۲۰۱۷ حدود ۲۱۹ میلیون هکتار و تولید آن در شش قاره ۷۳۵ میلیون تن گزارش شده است. (FAO, 2019). این محصول ۱۸/۸ درصد انرژی و ۲۰/۴ درصد پروتئین مورد نیاز رژیم غذایی انسان را تامین می‌کند.

گندم با مصرف سرانه ۶۵ کیلوگرم در سال محصول شماره یک مصرف شده در جهان است و برای ۲/۵ میلیارد نفر که با درآمد کمتر از دو دلار در روز زندگی می‌کنند بسیار حیاتی می‌باشد. با توجه به برآورد ۹/۳ میلیارد نفر جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰، تصور می‌شود که تقاضا برای گندم در مقایسه با سال ۲۰۱۰ تا ۶۰ درصد افزایش یابد. برای تأمین این تقاضای رو به رشد، میانگین افزایش عملکرد سالانه گندم باید از سطح ۱/۱ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۱/۶ درصد تا سال ۲۰۵۰ افزایش یابد (Anonymous, 2019).

ارقام انتخاب شده از برنامه‌های به‌نژادی باید علاوه بر صفات مورفوفیزیولوژیکی مناسب و مقاومت به تنش‌های زنده و غیر زنده از عملکرد قابل قبول و پایداری عملکرد برخوردار باشند. در بحث پایداری عملکرد با توجه به اهداف مورد نظر دو مفهوم کاملاً متفاوت از پایداری شامل پایداری ایستا (فنوتیپی)و پایداری پویا (زراعی) تعریف شده‌اند (Becker and Leon, 1988) عدم پایداری عملکرد دانه ناشی از اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است و موجب کاهش بازده ارقام می‌شود (Liang and Walter, 1996).

برای ارزیابی پایداری فنوتیپی و تجزیه و تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ × محیط روش‌ها و معیارهای متفاوتی مورد استفاده قرار گرفته است که در این خصوص می‌توان به محاسبه واریانس محیطی رومر (Roemer, 1917)، ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1978)، اکووالانس ریک (Wricke, 1962)، واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972)، روش رگرسیونی فینلی و ویلکینسون (Finlay and. Wilkinson, 1963)، و روش‌های پرکینز و جینکز (Perkins. and Jinks, 1968)، ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966)، هانسون (Hanson, 1970)، تای (Tai, 1971) و گوچ (Gauch, 1992) اشاره کرد.

روماگوسا و فاکس (Romagosa and Fox, 1993) روش‌های ارزیابی پایداری زراعی را به چهار گروه شامل: روش‌های مبتنی بر تفکیک واریانس، روش‌های رگرسیونی، روش‌های ناپارامتری و روش‌های چند متغیره تقسیم کردند. در روش‌های

ناپارامتری معمولا ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف رتبه بندی می‌شوند و ژنوتیپی که در اکثر محیط‌ها رتبه یکسانی داشته باشد به عنوان ژنوتیپ با عملکرد پایدار انتخاب می‌شود. آماره‌های میانگین رتبه، انحراف معیار رتبه (SDR)، میانگین تفاوت قدرمطلق ($S_i^{(1)}$)، واریانس یا انحراف استاندارد ($S_i^{(2)}$) ناسار و هیون (Nassar and Huehn, 1987) و روش‌های چهار گانه $NP_i^{(1)}$، $NP_i^{(2)}$، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ رتبه‌های تصحیح شده تنارازو (Thennarasu, 1995) را می توان به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد پایدار مورد استفاده قرار داد.

یکی از روش‌های آماری چند متغیره در بررسی پایداری عملکرد، روش اثرهای اصلی جمع پذیر و اثر متقابل ضرب پذیر (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction = AMMI) است که از آن در تعیین سازگاری عمومی و خصوصی ژنوتیپ‌ها برای مکان‌های مختلف استفاده می‌شود (Gauch, 1992; Baxevanos *et al.,* 2008.). استفاده از این روش در بررسی پایداری عملکرد ارقام و لاین‌های پیشرفته گندم در آزمایش‌های چند محیطی توسط تعداد زیادی از پژوهشگران در مناطق مختلف جهان گزارش شده است (Zobel *et al.,* 1988; Gauch, 1992; Vargas *et al.,* 1999; Ebdon and Gauch, 2002; Li *et al.,* 2006; Hristov *et al.,* 2010; Mohammadi *et al.*, 2011; Esmaeilzadeh Moghaddam *et al.*, 2018; Najafi Mirak *et al.*, 2019).

یکی از پارامترهای پایداری معتبر در مدل AMMI ارزش پایداری AMMI (AMMI Stability Value) می‌باشد که توسط پرچیز (Purchase, 1997) ارائه شده است و در آن از دو مولفه اول AMMI استفاده می‌شود. در بررسی پارامترهای AMMI توسط محققان به مناسب بودن پارامتر ASV به منظور انتخاب همزمان برای عملکرد و پایداری اشاره شده است (Adugana and Labuschagne, 2002; Sabaghnia *et al.*, 2008; Farshadfar *et al.*, 2011). بدلیل اطلاعات کاربردی حاصل از روش AMMI، از این مدل می‌توان در بررسی عملکرد و پایداری آن در آزمایش‌های سازگاری گندم اقلیم معتدل کشور استفاده کرد (Najafian *et al.,* 2010).

این پژوهش با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول گندم نان با سازگاری وسیع و پایداری عملکرد دانه در مناطق مختلف اقلیم معتدل کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۱۸ لاین امید بخش گندم نان که از آزمایش‌های مقایسه عملکرد پیشرفته اقلیم معتدل کشور در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انتخاب شده بودند (جدول۱)، همراه با دو رقم تجاری پارسی و بهاران در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی کرج، کرمانشاه، زرقان، بروجرد و

جدول ۱ –نام، شجره و تاریخچه انتخاب ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان

Table 1. Name, pedigree and selection history of bread wheat cultivars and promising lines

ردیف No.	نام / شجره Name / Pedigree	تاریخچه انتخاب Selection history
1	Parsi	-
2	Baharan	-
3	SHARP/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/5/VEE/LIRA//BOW/3/BCN/4/KAUZ (Rakhshan)	CMSA00Y00820T-040M-0P0Y-040M-040SY-030M-7ZTM-0ZTY-0M-0SY
4	PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2*SERI	CMSS02Y00596S-34Y-0M-099Y-5M-0WGY-0B
5	PASTOR//SITE/MO/3/CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/4/WBLL1 (Talaie)	Kermanshah
6	Pishtaz/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow"	IRW06-017914-8Kaj-0Kaj-0Kaj-4Kaj
7	Pishtaz/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow"	IRW06-017914-8Kaj-0Kaj-0Kaj-5Kaj
8	1-66-22//Bow"s"/Crow"s"/3/Kavir/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/ Y50E/3*Kal//Emu/6/Pishtaz	IRW06-017986-8Kaj-0Kaj-0Kaj-4Kaj
9	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Passarinho/5/Yaco/2*Parus/6/Pishtaz	IRW06-017999-4Kaj-0Kaj-0Kaj-2Kaj
10	ATTILA/3/Vee/Nac//1-66-22/4/Flt/Tjn//Kavkaz	IRW06-018029-6Kaj-0Kaj-0Kaj-2Kaj
11	ATTILA/3/Vee/Nac//1-66-22/4/Flt/Tjn//Kavkaz	IRW06-018029-6Kaj-0Kaj-0Kaj-3Kaj
12	ATTILA/3/Vee/Nac//1-66-22/4/Flt/Tjn//Kavkaz	IRW06-018029-6Kaj-0Kaj-0Kaj-4Kaj
13	TEVEE-1/GRU90-207476//2*CHAMRAN	-
14	KAUZ/LUCO-M//PVN/STAR/3/Yaco/2*Parus/4/Pishtaz	-
15	FRNCLN/ROLF07	CMSS06B00013S-0Y-099ZTM-099Y-099M-2WGY-0B
16	MUU/KBIRD	CMSS07B00151S-099M-099NJ-099NJ-8WGY-0B
17	ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD	CMSS06Y01026T-099TOPM-099Y-099ZTM-099Y-099M-11WGY-0B
18	D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (320)/3/CUNNINGHAM/4/VORB	CMSA06M00431S-040ZTM-040ZTY-31ZTM-04Y-0B
19	VORB/SOKOLL	CMSA06M00621S-040ZTM-040ZTY-16ZTM-01Y-0B
20	KS85W663.42/MONARCA F2007//WBLL1*2/TUKURU	CMSA06Y00889T-040ZTM-040ZTP0Y-040ZTM-040SY-8ZTM-0Y-0B

مشهد (آبیاری بهینه)، نیشابور، اصفهان و ورامین (قطع آبیاری از مرحله سنبله دهی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۶- ۱۳۹۴) مورد بررسی قرار گرفتند.

زمین محل اجرای آزمایش، در کلیه مناطق، تحت تناوب دوساله غلات آیش بود. زمین آزمایش در شهریور آماده سازی شد و کودهای شیمیایی لازم طبق توصیه‌های بخش تحقیقات خاک و آب به زمین اضافه گردید. کشت آزمایش‌ها در کلیه ایستگاه‌ها در نیمه اول آبان به صورت ماشینی و با تراکم بذر ۴۵۰ عدد در متر مربع با در نظر گرفتن وزن هزار دانه هر رقم و لاین انجام شد. مساحت برداشت هر کرت در شرایط آبیاری نرمال شش متر مربع و در شرایط تنش رطوبتی ۳/۶ متر مربع بود. آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

آبیاری آزمایش بلافاصله بعد از کاشت انجام شد. اجرای آزمایش در ایستگاه‌های نیشابور، اصفهان و ورامین در شرایط قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله به بعد و در ایستگاه‌های کرج، کرمانشاه، زرقان، بروجرد و مشهد در شرایط آبیاری بهینه انجام شد. در طول فصل زمستان مراقبت‌های لازم از مزرعه انجام شد. در بهار ضمن مدیریت کنترل علف‌های هرز و آفات مهم نظیر سن گندم دورهای آبیاری آزمایش بموقع انجام شد. در سه ایستگاه تنش رطوبتی، آبیاری آزمایش از مرحله ظهور سنبله به بعد قطع گردید. عکس العمل به بیماری‌های زنگ زرد ، قهو ه‌ای و سیاه لاین های امید بخش و ارقام آزمایشی در خزانه بیماری‌های گندم مورد ارزیابی قرارگرفت. صفات در صد سبز، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، درصد خوابیدگی، ریزش دانه و رنگ دانه یادداشت برداری شد. پس از برداشت عملکرد دانه در هر کرت توزین و ثبت گردید.

تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه هر یک از شرایط بهینه (پنج ایستگاه) و شرایط قطع آب از مرحله ظهور سنبله (سه ایستگاه) به طور جداگانه صورت گرفت. در نهایت با در نظر گرفتن عوامل سال و مکان به عنوان متغیرهای تصادفی و ژنوتیپ به عنوان متغیر ثابت و بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات، تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه انجام شد. برای انجام تجزیه‌های آماری و تجزیه AMMI به ترتیب از نرم افزارهای SAS 9 و Gen Stat 12 استفاده شد. بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش غیر پارامتری رتبه و انحراف معیار رتبه (Kang,1988) و روش چند متغیره AMMI انجام شد. در این پژوهش به منظور انتخاب همزمان برای عملکرد و پایداری از پارامتر ارزش پایداری امی (ASV) استفاده شد (Purchase, 1997).

$$ASV = \sqrt{[\frac{SS_{IPCA1}}{SS_{IPCA2}}(IPCA1score)]^2 + (IPCA2score)^2}$$

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌های عملکرد دانه برای هریک از شرایط بهینه (پنج ایستگاه) و قطع آبیاری از مرحله سنبله دهی (سه ایستگاه) نشان داد که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × مکان معنی‌دار نشدند (جدول تجزیه واریانس‌ها ارائه نشده است). تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای هشت منطقه نشان داد که اثر مربوط به تکرار (سال × مکان) در سطح یک درصد معنی دار بود، در نتیجه اثر متقابل سال × مکان با آن آزمون شد که این اثر نیز در سطح یک درصد معنی دار شد. در نتیجه دو اثر سال و مکان با اثر متقابل آنها مورد آزمون قرار گرفتند که هیچ یک معنی دار نشدند. با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل سه گانه ژنوتیپ × سال × مکان، آزمون اثر متقابل دو گانه ژنوتیپ × سال و ژنوتیپ × مکان با این اثر آزمون شدند که هیچ کدام معنی دار نبوند. آزمون اثر ژنوتیپ با اثر متقابل ژنوتیپ × مکان انجام گرفت که معنی دار نشد. در نهایت با یکی کردن واریانس‌های اثر متقابل مجددا اثر ژنوتیپ با آن آزمون شد که معنی دار نشد. یعنی بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد دانه تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه ارقام و لاین های امیدبخش گندم نان در دو سال زراعی (۹۶-۱۳۹۴) در هشت مکان

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield of bread wheat cultivars and promising lines in 2015-17 cropping seasons and eight locations

S.O.V.	منبع تغییر	Df.	SS	MS
Year (Y)	سال	1	62.61	62.61
Location (L)	مکان	7	497.57	71.08
Y × L	سال × مکان	7	694.45	99.21**
Replication (Y × L)	تکرار (سال × مکان)	32	49.20	1.54
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	25.11	1.32
G × L	ژنوتیپ × مکان	133	148.62	1.12
G × Y	ژنوتیپ × سال	19	20.85	1.10
G × Y × L	ژنوتیپ × سال × مکان	133	149.64	1.13**
Error	اشتباه	608	304.47	0.50
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات			10.83

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

در این پژوهش اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، ۷/۶۶ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ و محیط نیز به ترتیب ۱/۲۹ و ۳۵/۵۷ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص دادند. هر چند که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط منبع اصلی تغییرات نبود،

ولی پنج برابر اثر ژنوتیپ بود که این امر می‌تواند بیانگر وجود محیط‌های بزرگ (Gauch and Zobel., 1996; Yan *et al.,* 2000) در آزمایشات مقایسه عملکرد یکنواخت منطقه‌ای اقلیم معتدل کشور باشد. در بررسی انجام شده توسط محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.,* 2016) اثر محیطی حدود ۶۹/۸ درصد، اثر ژنوتیپی یک درصد و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ۱۵/۶ درصد از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص دادند. نتایج مشابه‌ای توسط سایر پژوهشگران نیز ارائه شده است (Rose *et al.,* 2008; Esmaeilzadeh Moghaddam *et al*., 2018).

بررسی میانگین خصوصیات زراعی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها بر اساس نتایج دو سال و هشت مکان نشان داد که تفاوت میانگین عملکرد دانه برترین و ضعیف ترین ژنوتیپ‌ها در حدود ۶۰۰ کیلوگرم بود و ژنوتیپ‌های شماره ۱۶ ، ۱۲ ، ۱۰ و ۱۵ به ترتیب با عملکرد دانه ۶/۷۹۶ ، ۶/۷۹۱ ، ۶/۷۷۴ و ۶/۷۱۹ تن در هکتار در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفتند. رقم شاهد پارسی با عملکرد دانه ۶/۳۵۶ تن در هکتار در رتبه ۱۷ و شاهد دوم یعنی رقم بهاران که متحمل به تنش خشکی است با عملکرد دانه ۶/۵۱۸ در رتبه ۱۱ قرار گرفتند و عملکرد دانه سایر ژنوتیپ‌ها در دامنه ۶/۱۹۷ تا ۶/۷۱۹ تن در هکتار بود (جدول ۳). در کنار پتانسیل عملکرد دانه لازم است سایر خصوصیات زراعی این لاین‌ها مورد توجه قرار گیرد. ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۱۰، ۱۲ و ۱۶ به ترتیب در شرایط بهینه و ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، بهاران، ۱۲ ، ۹ و ۱۰ به ترتیب در شرایط تنش بیشترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۴).

رتبه بندی (Ranking) ژنوتیپ ها بر اساس نتایج دو سال این آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌های۱۳ ، ۱۸، ۱۲، ۱۱، ۱۷ و ۱۴ به ترتیب دارای حداقل مقدار انحراف معیار رتبه بودند که پایداری عمومی عملکرد دانه آنها را نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهد. همچنین علاوه بر ارقام شاهد، لاین‌های شماره ۴، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ به ترتیب دارای شاخص برتری عملکرد بیشتر از ۱۰۰ بودند و اغلب پایداری متوسط نشان دادند (جدول ۵).

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سه گانه سال × مکان × ژنوتیپ، برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر نمی‌توان به تنهایی از مقایسه میانگین عملکرد استفاده کرد. به همین دلیل برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که علاوه بر پتانسیل عملکرد بالا از سازگاری عمومی و پایداری عملکرد دانه بالایی برخوردار باشند از تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از روش چند متغیره AMMI استفاده شد. در این بررسی تجزیه پایداری AMMI با استفاده از داده های میانگین عملکرد دانه ارقام و لاین های امیدبخش در دو سال و هشت مکان (۱۶ محیط) انجام شد که با توجه به نتایج بدست آمده اثر تیمار، ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ× محیط معنی دار شدند (جدول ۶).

جدول ۳- میانگین خصوصیات زراعی و عملکرد نسبی (نسبت به شاهد) ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم نان در دوسال زراعی (۹۶-۱۳۹۴)

Table 3. Mean of agronomic characteristics and relative yield (% check cultivar) of bread wheat cultivars and promising lines in 2015-17 cropping seasons

رقم/لاین Cultivar / Line	تعداد روز تا گلدهی Day to heading	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Day to physiological maturity	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه گرم (گرم) 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (tha^{-1})	عملکرد نسبت به پارسی (٪) Relative yield to Parsi (%)	عملکرد نسبت به بهاران (٪) Relative yield to Baharan (%)
1 (Parsi)	160	198	96	40	6.356	100	98
2 (Baharan)	159	195	95	40	6.518	103	100
3	159	196	98	42	6.429	101	99
4	160	197	93	41	6.568	103	101
5	156	193	94	42	6.484	102	99
6	162	200	97	37	6.561	103	101
7	162	201	99	37	6.342	100	97
8	163	200	99	41	6.603	104	101
9	161	199	99	41	6.595	104	101
10	163	200	93	39	6.774	107	104
11	162	203	93	40	6.512	102	100
12	163	203	93	41	6.791	107	104
13	159	200	96	37	6.503	102	100
14	161	199	96	41	6.577	103	101
15	159	196	100	41	6.719	106	103
16	157	195	95	40	6.796	107	104
17	159	195	95	40	6.589	104	101
18	160	198	96	42	6.264	99	96
19	163	200	103	40	6.432	101	99
20	157	196	98	41	6.197	97	95
Mean میانگین	160	198	96	40	6.530	-	-

جدول ۴- میانگین عملکرد (تن در هکتار) ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان در دو سال زراعی (۹۶-۱۳۹۴)

Table 4. Mean of grain yield (tha^{-1}) of bread wheat cultivars and promising lines in 2015-17 cropping seasons

	آبیاری بهینه Optimum irrigation						قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد سنبله دهی Cessation at irrigation at 50% heading stage			
رقم/لاین Cultivar/ Line	کرج Karaj	کرمانشاه Keranshah	زرقان Zarghan	بروجرد Broujerd	مشهد Mashhad	میانگین Mean	نیشابور Nieshabour	اصفهان Isfahan	ورامین Varamin	میانگین Mean
1 (Parsi)	6.697	7.796	5.917	6.314	6.716	6.688	5.229	5.903	6.269	5.800
2 (Baharan)	6.336	8.398	5.797	6.255	6.086	6.574	6.051	6.347	6.877	6.425
3	6.364	8.109	6.158	6.729	6.182	6.708	5.734	6.234	5.919	5.962
4	7.336	8.224	6.122	7.363	5.836	6.976	5.322	5.764	6.576	5.887
5	6.700	8.709	6.008	6.400	5.858	6.735	5.514	6.537	6.144	6.065
6	6.632	7.404	6.403	7.114	7.335	6.978	5.440	5.725	6.431	5.865
7	6.044	7.232	6.153	6.607	7.031	6.613	5.836	5.944	5.889	5.890
8	6.197	7.848	5.661	7.307	7.275	6.858	5.655	6.248	6.634	6.179
9	6.519	7.660	6.686	6.420	6.674	6.792	5.954	5.961	6.884	6.266
10	6.528	8.066	6.908	7.149	6.820	7.094	5.995	5.995	6.727	6.239
11	6.569	7.749	6.419	6.431	6.560	6.746	5.454	5.748	7.162	6.121
12	6.739	7.695	6.283	7.888	6.814	7.084	5.887	5.884	7.144	6.305
13	6.811	8.098	5.889	6.488	6.460	6.749	5.340	6.100	6.833	6.091
14	6.836	8.292	6.181	6.636	6.803	6.950	5.356	5.840	6.671	5.956
15	7.283	9.192	6.131	6.900	6.649	7.231	5.535	6.544	5.519	5.866
16	6.439	9.177	5.747	7.958	5.715	7.007	5.995	6.523	6.819	6.446
17	6.606	8.958	5.794	7.193	6.072	6.925	5.597	6.475	6.019	6.030
18	6.336	8.173	5.972	6.614	5.955	6.610	4.914	6.032	6.116	5.688
19	6.153	8.551	5.756	7.979	6.133	6.914	5.137	5.755	5.991	5.627
20	6.583	7.694	5.864	6.853	5.519	6.503	5.199	6.280	5.583	5.688
Mean میانگین	6.585	8.151	6.093	6.930	6.425	6.837	5.557	6.092	6.410	6.020

جدول ۵- معیارهای ناپارامتری بر اساس عملکرد دانه ارقام و لاین‌های امید بخش گندم

Table 5.Estimated non-parametric parameters based on grain yield of bread wheat cultivars and promising lines

رقم/لاین Cultivar/ Line	میانگین عملکرد دانه (تن در هکتار) Mean grain yield (tha^{-1})	انحراف معیار عملکرد Yield Std. Dev.	میانگین رتبه Mean Rank	انحراف معیار رتبه Rank Std. Dev.	مجموع رتبه Sum Rank	شاخص نسبی عملکرد Yield ratio index
1 (Parsi)	6.356	1.24	12.06	5.92	193	97
2 (Baharan)	6.518	1.27	9.69	5.88	155	100
3	6.429	1.41	11.31	5.56	181	98
4	6.568	1.45	10.63	5.48	170	101
5	6.484	1.37	9.75	5.74	156	99
6	6.561	1.16	10.13	6.12	162	100
7	6.342	1.06	11.75	5.52	188	97
8	6.603	1.29	9.38	6.24	150	101
9	6.595	1.30	9.50	5.93	152	101
10	6.774	1.29	7.88	5.54	126	104
11	6.512	1.29	10.81	5.39	173	100
12	6.791	1.31	9.19	5.32	147	104
13	6.503	1.41	11.63	4.18	186	100
14	6.577	1.27	9.81	5.48	157	101
15	6.719	1.39	8.19	6.13	131	103
16	6.796	1.53	8.88	6.85	142	104
17	6.589	1.31	9.81	5.33	157	101
18	6.264	1.34	14.19	4.56	227	96
19	6.432	1.54	12.50	6.01	200	98
20	6.197	1.12	13.56	6.47	217	95

* Std. Dev.: Standard deviation.

نتایج نشان داد که عامل محیط بیشترین سهم از تغییرات مربوط به عملکرد دانه را به خود اختصاص داد، بطوری که از مجموع کل واریانس عملکرد دانه حدود ۶۴/۳٪ آن توسط اثر جمع پذیر محیط، ۱/۳٪ توسط اثر ژنوتیپ و ۱۶/۳٪ توسط اثر متقابل ژنوتیپ × محیط توجیه شد (جدول ۶).

باتوجه به اینکه ژنوتیپ های مورد بررسی در این پژوهش در سال‌های گذشته در آزمایشات به نژادی اقلیم معتدل به عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شده بودند، در نتیجه درآزمایشات چند مکانی، ژنوتیپ نقش کمتری نسبت به اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در توجیه واریانس عملکرد دانه داشت. پژوهشگران دیگر نیز گزارش های مشابه ای ارائه کرده اند و نشان داده اندکه بخش قابل توجه‌ای از تغییرات عملکرد دانه ناشی از تغییرات محیطی می‌باشد. در پژوهش انجام شده توسط سیواپالان (Sivapalan *et al*., 2000) اثر محیطی حدود ۸۷٪، اثر ژنوتیپی ۲٪ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ۱۱٪ از واریانس کل را به خود اختصاص دادند.

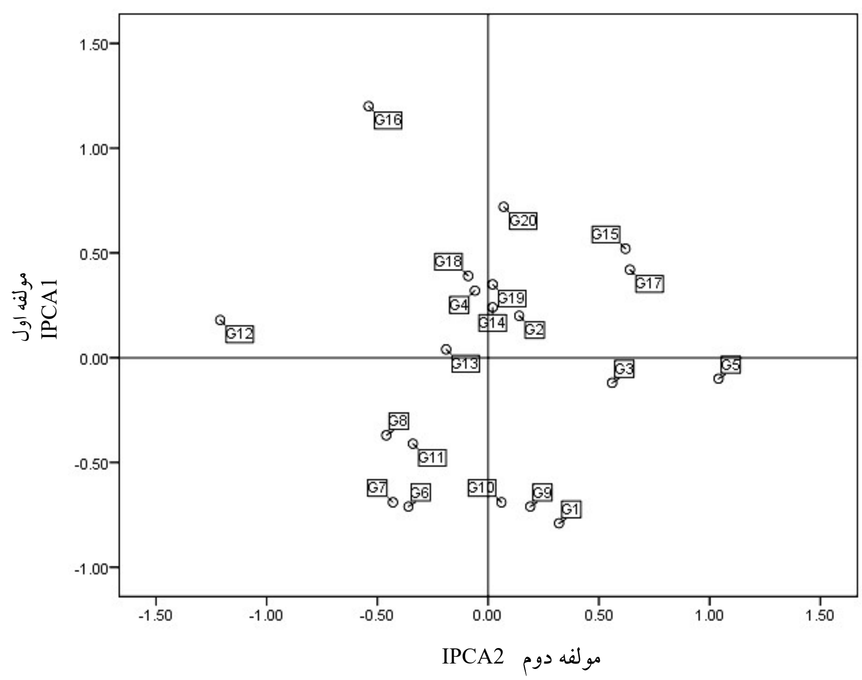
جدول۶–تجزیه AMMI برای عملکرد دانه ارقام و لاین‌های امید بخش گندم

Table 6. AMMI analysis for grain yield of bread wheat cultivars and promising lines

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df.	مجوع مربعات SS	میانگین مربعات MS	سطح احتمال Probability level	درصد واریانس توضیح داده شده Explained variance (%)
Total	کل	959	1952.6	2.036	–	–
Treatments	تیمار	319	1598.9	5.012	0.000	–
Genotypes	ژنوتیپ	19	25.1	1.322	0.000	1.29
Environments	محیط	15	1254.7	83.645	0.000	64.26
Block	بلوک	32	49.2	1.537	0.000	2.52
Interactions	اثر متقابل	285	319.1	1.120	0.000	16.34
IPCA1	مولفه اصلی اول	33	102.5	3.105	0.000	32.12
IPCA2	مولفه اصلی دوم	31	69.1	2.230	0.000	21.65
IPCA3	مولفه اصلی سوم	29	37.5	1.293	0.000	11.75
IPCA4	مولفه اصلی چهارم	27	27.5	1.020	0.002	8.62
IPCA5	مولفه اصلی پنجم	25	20.6	0.825	0.025	6.46
IPCA6	مولفه اصلی ششم	23	19.3	0.841	0.025	6.05
Residuals	باقیمانده	117	42.5	0.363	0.983	13.32
Error	اشتباه	608	304.5	0.501	–	15.59

تجزیه AMMI نشان داد که شش مولفه مدل معنی دار بودند،که دلیلی بر پیچیده بودن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بود. بطور میانگین ۵۴ درصد از کل واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط توسط دو مولفه اول AMMI توضیح داده شد. از سایر مولفه‌هایی که معنی دار بودند نیز برای معرفی ژنوتیپ با عملکرد دانه پایدار استفاده شد که در مجموع، شش مولفه معنی دار مدل AMMI، ۸۷ درصد واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توضیح دادند (جدول ۶).

به منظور ارزیابی پایداری عملکرد دانه و بررسی سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌های امید بخش گندم در مکان‌های مورد مطالعه از مدل AMMI2 که از پلات کردن دو مولفه اصلی اول و دوم حاصل می‌شود استفاده شد. با توجه به نتایج، حدود ۵۴ درصد از کل واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط توسط دو مولفه اول AMMI توضیح داده شدندکه قابل توجه بود. در این مدل هرچه ژنوتیپ‌ها به مرکز بای پلات نزدیکتر باشند، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر روی عملکرد آنها کمتر است و از سازگاری عمومی بیشتری برخوردار می‌باشند (Gauch and Zoble,1997). نمودار بای پلات دو مولفه اول AMMI نشان داد که ژنوتیپ‌های ۲، ۴، ۱۳ و ۱۴ به ترتیب نزدیکترین ژنوتیپ‌ها به مرکز بای پلات بودند در نتیجه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر روی عملکرد دانه آنها کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود و به عنوان ژنوتیپ‌های دارای عملکرد دانه پایدار شناخته شدند (شکل ۱).



شکل ۱- بای پلات دو مولفه اول و دوم AMMI برای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برعملکرد دانه ارقام و لاین های امید بخش گندم نان

Fig. 1. Biplot of first and second components of genotype × environment interaction effect on grain yield of bread wheat cultivars and promising lines

ژنوتیــپ‌هــای ۲، ۴، ۱۳ و ۱۴ از نظــر ارزش پایداری AMMI که به عنوان یکـی از مهمتـرین شـاخص‌هـای پایـداری محسـوب مـی‌شـود نیـز بـه ترتیـب جـزو ژنوتیـپ‌هـای بـا عملکـرد دانـه پایـدار شناسـایی شـدند. مقـدار ارزش پایـداری AMMI آنهــا بــه ترتیــب ۰/۱۱، ۰/۲۳، ۰/۰۴ و ۰/۱۳ بــود. مقــدار اولــین مولفــه اصــلی ایــن ژنوتیـپ‌هـا نیـز بـه ترتیـب ۰/۲۰، ۰/۳۲، ۰/۰۴ و ۰/۲۴ بود (جدول ۷)که از این نظر نیـز بـه عنـوان ژنوتیپ های با عملکرد دانه پایدار شناخته شـدند و نسبت به سایر ژنوتیپ‌هـا از کمتـرین واریـانس محیطـی برخـوردار بودنـد. سـایر پژهشـگران نیـز روش AMMI را بـه عنـوان یکـی از روش‌هـای کار آمد برای تجزیه پایداری عملکرد دانـه ارقـام گنـدم و ارزیـابی اثـر متقابـل ژنوتیـپ × محـیط معرفـی کـرده انـد (Najafian *et al.,* 2010; Esmaeilzadeh Moghaddam *et al.,* 2011; Mohammadi *et al.,* 2011).

جدول ۷ - مقادیر مولفه‌ها اصلی اول و دوم و ارزش پایداری AMMI برای عملکرد دانه ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان

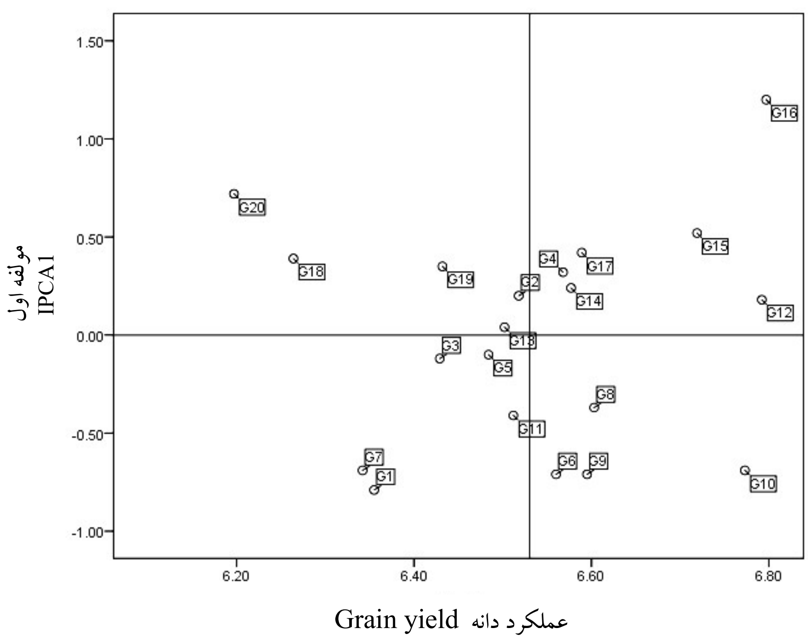
Table 7. IPCA1 and IPCA2 scores and AMMI stability value (ASV) for grain yield of bread wheat cultivar and promising lines

رقم/لاین Cultivar/ Line	عملکرد دانه Grain yield (tha-1)	مولفه‌اصلی اول IPCA1	مولفه‌اصلی دوم IPCA2	ارزش پایداری AMMI ASV
1	6.356	-0.79	0.32	1.47
2	6.518	0.20	0.14	0.11
3	6.429	-0.12	0.56	0.34
4	6.568	0.32	-0.06	0.23
5	6.484	-0.10	1.04	1.11
6	6.561	-0.71	-0.36	1.25
7	6.342	-0.69	-0.43	1.23
8	6.603	-0.37	-0.46	0.51
9	6.595	-0.71	0.19	1.15
10	6.774	-0.69	0.06	1.06
11	6.512	-0.41	-0.34	0.48
12	6.791	0.18	-1.21	1.54
13	6.503	0.04	-0.19	0.04
14	6.577	0.24	0.02	0.13
15	6.719	0.52	0.62	0.99
16	6.796	1.20	-0.54	3.47
17	6.589	0.42	0.64	0.79
18	6.264	0.39	-0.09	0.34
19	6.432	0.35	0.02	0.27
20	6.197	0.72	0.07	1.16

آماره‌های حاصل از تجزیه ناپـارامتری شـامل رتبه (R)، انحراف معیـار رتبـه (Std. Dev.-R) و مجمـوع رتبـه (Sum Rank) کـه نشـان دهنـده تغییـرات ژنوتیـپ‌هـا در محـیط‌هـای مختلـف

می‌باشند نیز ژنوتیپ‌های ۴، ۱۲، ۱۴، ۱۵ و۱۶ را با داشتن کمترین رتبه، مجموع رتبه و انحراف معیار رتبه به ترتیب ژنوتیپ های با پایدار ترین عملکرد دانه شناسایی کردند (جدول ۵).

با توجه به اینکه در مدل AMMI1 پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد دانه و مولفه اصلی اول نشان داده می‌شود، برای ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها از نمودار دو وجهی استفاده شد (شکل ۲). در این نمودار خط عمود بر میانه نمودار دو وجهی نشان دهنده میانگین کل آزمایش است و ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست خط عمود قرار بگیرند دارای عملکرد دانه بالاتری نسبت به میانگین کل خواهند بود و ژنوتیپ‌هایی که به خط افقی نمودار نزدیکتر باشند از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بودند. بنابر این لاین های ۱۲ و ۱۴ با داشتن کمترین میزان اثر متقابل و بیشترین عملکرد دانه به ترتیب به عنوان لاین های با عملکرد دانه بالا و پایداری عملکرد شناخته شدند (شکل ۲). لاین شماره ۴ نیز که از نظر پایداری عملکرد دانه بعد از آنها قرار گرفت از نظر عملکرد دانه از وضعیت بهتری نسبت به میانگین کل عملکرد ژنوتیپ‌ها برخوردار بود. لاین های ۱۷ و ۱۵ نیز هرچند از نظر پایداری عملکرد دانه در جایگاه‌های پایین‌تر قرار گرفتند اما از لحاظ عملکرد دانه از وضعیت خوبی نسبت به میانگین کل ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند (شکل ۲).



شکل ۲- بای پلات عملکرد دانه در مقابل مولفه اول مدل AMMI در ارقام و لاین های امید بخش گندم نان
Fig. 2. Biplot of first component vs. grain yield of bread wheat cultivars and promising lines

با توجه به تجزیه واریانس مرکب داده‌ها بین ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی از نظر میزان عملکرد دانه تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهد نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها نشان داد که لاین‌های شماره ۱۶ ،۱۲ ، ۱۰ و ۱۵ به ترتیب با ۶/۷۹۷، ۶/۷۹۲، ۶/۷۷۴ و ۶/۷۱۹ تن در هکتار از بالاترین عملکرد دانه برخوردار بودند که با نتایج حاصل از نمودار دو وجهی مطابقت داشت (شکل ۲). نتایج فوق بیانگر اهمیت این ژنوتیپ‌ها در میان لاین های مورد بررسی بود. این ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص نسبی عملکرد (Yield ratio index) نیز بالاتر از شاهدهای پارسی و بهاران قرار گرفتند (جدول ۵).

با توجه به مقادیر اولین مولفه اصلی، ژنوتیپ‌های ۲ ، ۳ ، ۴، ۵، ۱۲،۱۳و ۱۴ با داشتن کمترین مقادیر IPCA1 به ترتیب به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه پایدار و ژنوتیپ های ۱ ، ۶ ، ۷، ۱۶ و ۲۰ با داشتن بیشترین مقادیر IPCA1 به ترتیب به عنوان ژنوتیپ‌ها ی با عملکرد دانه ناپایدار شناخته شدند (جدول ۸). در رابطه با دومین مولفه اصلی نیز ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۰ ، ۱۴، ۱۸، ۱۹، و ۲۰ به ترتیب با کمترین مقادیر IPCA2 به عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه پایدار و شماره‌های ۳، ۵، ۱۲، ۱۵ و ۱۷ به ترتیب عنوان ژنوتیپ‌های دارای عملکرد دانه ناپایدار شناسایی شدند. محاسبه شاخص پایداری AMMI نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۴،۲،۱۳ و۴ به ترتیب با داشتن کمترین اثر متقابل پایدارترین عملکرد دانه و ژنوتیپ‌های ۱، ۶ ، ۱۲ و ۱۶ به ترتیب عنوان ژنوتیپ های دارای ناپایدار ترین عملکرد دانه شناخته شدند (جدول ۷).

محیط‌های ۱۴، ۸، ۱۵، ۳ و ۱۳ به ترتیب میانگین عملکرد دانه پایین‌تری نسبت به میانگین عملکرد کل داشتند (جدول ۸). مهمترین دلیل کاهش عملکرد دانه در محیط‌های ۸، ۱۴ و ۱۵ را می‌توان به تاثیر اعمال قطع آبیاری از مرحله ۵۰ درصد سنبله دهی دانست که به منظور اعمال تنش خشکی آخر فصل در این محیط‌ها انجام شد. در حالی که کاهش عملکرد دانه درمحیط‌های ۳ و ۱۳ را می‌توان به عدم رعایت مدیریت زراعی لازم در طول فصل زراعی نسبت داد. محیط‌های ۷، ۸، ۱۱ و ۱۴ از مقادیر کم IPCA1 برخوردار بودند در نتیجه دارای اثر متقابل کمتری بودند و نسبت به سایر محیط‌ها از پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بودند (جدول۸). در بین محیط‌های مورد بررسی بیشترین عملکرد دانه مربوط به سال اول در کرمانشاه و کمترین عملکرد دانه مربوط به سال دوم در نیشابور بود (جدول ۸).

جدول ۸- مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم برای عملکرد دانه ارقام و لاین‌های امید بخش گندم نان در محیط‌های آزمایشی

Table 8. IPCA1 and IPCA2 scores for grain yield of bread wheat cultivars and promising lines in experimental environments

Environment		محیط	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (tha^{-1})	مولفه‌اصلی اول IPCA1	مولفه‌اصلی دوم IPCA2
E1	Karaj 1st year	کرج سال اول	6.495	0.61	0.40
E2	Kermanshah 1st year	کرمانشاه سال اول	9.612	0.90	0.67
E3	Zarghan 1st year	زرقان سال اول	5.259	-0.53	-0.11
E4	Broujerd 1st year	بروجرد سال اول	7.247	-0.62	0.49
E5	Mashhad 1st year	مشهد سال اول	7.077	-0.85	0.00
E6	Neishabou 1st year	نیشابور سال اول	6.450	-0.44	-0.35
E7	Isfahan 1st year	اصفهان سال اول	6.935	0.13	0.41
E8	Varamin 1st year	ورامین سال اول	5.211	0.03	0.11
E9	Karaj 2nd year	کرج سال دوم	6.676	-0.42	0.04
E10	Kermanshah 2nd year	کرمانشاه سال دوم	6.690	0.42	0.52
E11	Zarghan 2nd year	زرقان سال دوم	6.926	-0.19	0.18
E12	Broujerd 2nd year`	بروجرد سال دوم	6.612	1.43	-1.34
E13	Mashhad 2nd year	مشهد سال دوم	5.773	-0.56	-0.58
E14	Neishabou 2nd year	نیشابور سال دوم	4.664	0.20	0.30
E15	Isfahan 2nd year	اصفهان سال دوم	5.249	0.31	0.29
E16	Varamin 2nd year	ورامین سال دوم	7.610	-0.44	-1.02
Mean of Environments		میانگین محیط‌ها	6.530	_	_

از روش تجزیه AMMI می‌توان جهت تعیین سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌ها به منظور معرفی یک یا چند ژنوتیپ برای یک یا چند منطقه خاص استفاده کرد (Kvitschal *et al.,*2009; Mortazavian *et al.,* 2009; Najafian *et al.,* 2010) جدول ۹ لاین‌های امید بخش گندم نان انتخاب شده برای هر محیط (ترکیب سال و مکان) را با استفاده از این روش نشان می‌دهد. برای محیط E1 (کرج سال اول) ژنوتیپ‌های شماره ۱۵، ۱۴، ۴ و ۲۰ و برای محیط E9 (کرج سال دوم) ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۵، ۱۰ و ۱۴ از سازگاری خصوصی برخوردار بودند که در نهایت می‌توان ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ و ۱۵ را برای کرج پیشنهاد کرد. با توجه به جمع بندی فوق می‌توان از هر چهار ژنوتیپ پیشنهاد شده توسط تجزیه مدل AMMI برای محیط‌های آزمایشی، ژنوتیپ‌های ۵ و ۱۶را برای محیط کرمانشاه، ژنوتیپ ۱۰ را برای محیط زرقان، ژنوتیپ ۱۹ را برای محیط بروجرد، ژنوتیپ ۶ را برای محیط مشهد، ژنوتیپ ۱۲ را برای محیط ورامین و ژنوتیپ‌های ۵، ۱۵، ۱۷ و ۱۶ را برای محیط اصفهان پیشنهاد کرد.

جدول ۹- لاین‌های امید بخش گندم انتخاب شده برای هر محیط (ترکیب سال و مکان) با استفاده از روش AMMI

Table 9. Selected bread wheat promising lines for each environment (combination of year and location) using AMMI analysis method

Environment		محیط	1st	2nd	3rd	4th
E1	Karaj 1st year	کرج سال اول	G15	G14	G4	G20
E2	Kermanshah 1st year	کرمانشاه سال اول	G16	G4	G19	G5
E3	Zarghan 1st year	زرقان سال اول	G10	G6	G9	G8
E4	Broujerd 1st year	بروجرد سال اول	G19	G10	G8	G5
E5	Mashhad 1st year	مشهد سال اول	G6	G10	G9	G1
E6	Neishabou 1st year	نیشابور سال اول	G10	G12	G3	G7
E7	Isfahan 1st year	اسفهان سال اول	G15	G17	G5	G16
E8	Varamin 1st year	ورامین سال اول	G10	G2	G3	G12
E9	Karaj 2nd year	کرج سال دوم	G6	G15	G10	G14
E10	Kermanshah 2nd year	کرمانشاه سال دوم	G15	G17	G16	G5
E11	Zarghan 2nd year	زرقان سال دوم	G10	G3	G14	G11
E12	Broujerd 2nd year`	بروجرد سال دوم	G16	G12	G19	G4
E13	Mashhad 2nd year	مشهد سال دوم	G7	G6	G8	G12
E14	Neishabou 2nd year	نیشابور سال دوم	G15	G8	G5	G16
E15	Isfahan 2nd year	اسفهان سال دوم	G16	G17	G5	G15
E16	Varamin 2nd year	ورامین سال دوم	G8	G9	G11	G12

به دلیل کم بودن مقادیر مولفه اصلی اول محیط‌های E7 (۰/۱۳ برای اصفهان سال اول) و E15 (۰/۳۱ برای اصفهان سال دوم) نسبت به سایر محیط‌ها، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در محیط اصفهان کمتر تحت تاثیر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط قرار گرفتند. در خصوص ویژگی بارز لاین های امیدبخش پیشنهاد شده مدل تجزیه AMMI برای ایستگاه اصفهان می‌توان به زودرسی هر چهار ژنوتیپ اشاره کرد. بطوری که ژنوتیپ‌های ۵، ۱۵، ۱۷ و ۱۶ به ترتیب از تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ۱۹۳، ۱۹۶، ۱۹۵ و ۱۹۵ روز نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها با میانگین کل ۱۹۸ روز و شاهد زودرس بهاران با ۱۹۵ روز برخوردار بودند. با توجه به اینکه مقادیر مولفه اصلی اول محیط‌های E7 و E15 کمتر از سایر محیط‌های بود، می‌توان انتظار داشت که لاین های امیدبخش مورد بررسی در این محیط ها،کمتر تحت تاثیر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط قرار گرفتند (جدول ۸). با توجه به شرایط قطع آبیاری از مرحله ۵۰ درصد سنبله دهی در محیط اصفهان، ژنوتیپ‌های پیشنهاد شده مدل AMMI از تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک کوتاهتر و میانگین عملکرد دانه بالاتری نسبت به میانگین عملکرد کل ژنوتیپ‌ها و رقم شاهد بهاران به ترتیب با ۶/۰۹۲ و ۶/۳۴۷ تن در هکتار برخوردار بودند (جدول ۳).

بر اساس تجزیه ناپارامتری، ژنوتیپ‌های ۴، ۱۲، ۱۴، ۱۵ و ۱۶ با کمترین میزان رتبه، مجموع رتبه و انحراف معیار رتبه به ترتیب عنوان ژنوتیپ‌های دارای پایدارترین عملکرد دانه شناسایی شدند. همچنین بر مبنای نمودار دو مولفه اول AMMI ژنوتیپ‌های ۲، ۴، ۱۳ و ۱۴ به ترتیب عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد پایدار شناخته شدند که از نظر آماره ارزش پایداری AMMI نیز مورد تایید قرارگرفت.

از نظر سازگاری خصوصی نیز با توجه به تجزیه مدل AMMI ، لاین های شماره ۱۴ و ۱۵ برای محیط کرج، لاین‌های ۵ و ۱۶ برای محیط کرمانشاه، ژنوتیپ ۱۰ برای محیط زرقان، ژنوتیپ ۱۹ برای محیط بروجرد، ژنوتیپ ۶ برای محیط مشهد، ژنوتیپ ۱۲ برای محیط ورامین و لاین‌های ۵، ۱۵، ۱۷ و ۱۶ برای محیط اصفهان پیشنهاد شدند. در نهایت با توجه به جمع بندی کلیه نتایج بدست آمده برای عملکرد دانه، واکنش به بیماری‌ها، کیفیت نانوایی و سایر صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های ۱۴ ، ۱۵و ۱۶ که دارای پتانسیل عملکرد دانه و پایداری عملکرد دانه بالایی بودند برای نامگذاری و آزادسازی در منطقه معتدل کشور انتخاب شدند.

سپاسگزاری

نگارندگان از مدیریت بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان های محل اجرای این پژوهش برای فراهم آوردن امکانات لازم برای اجرای بهینه آن سپاسگزاری می کنند.

References

Adugana, W., and Labuschagne, M. T. 2002. Genotype-environment interactions and phenotypic stability analysis of linseed in Ethiopia. Plant Breeding 12: 66–71.

Anonymous, 2019. Consultative Group on International Agricultural Research, CGIAR: Available on://www.cgiar.org.

Baxevanos, D., Goulas, C., Rossi. J., and Braojos, E. 2008. Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE biplots. Agronomy Journal 100: 1230–1236.

Becker, H. C., and Leon, J. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding 101: 1 – 25.

Ebdon, J. S., and. Gauch, H. G. 2002. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials: II. genotype recommendation. Crop Science 42: 497–506.

Eberhart, S. A., and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties.

Crop Science 6: 36-40.

Esmaeilzadeh Moghaddam, M., Zakizadeh, M., Akbari-Moghaddam, H., Abedini-Esfahlani, M., Sayyahfar, M., Nikzad, A. R., Tabib Ghafari, S. M., and Lotfali Ayeneh, G. A. 2011. Genotype-environment interaction and stability of grain yield of bread wheat genotypes in dry and warm areas of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 27-1: 257-273 (in Persian).

Esmaeilzadeh Moghaddam, M., Tahmasebi, S., Lotfali Ayeneh. G. A., Akbari Moghadam, H., Mahmoudi, Kh., Sayyahfar, M., Tabib Ghaffari, S. M., and. Zali, H. 2018. Evaluation of grain yield stability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) promising lines in warm and dry regions of Iran. Iranian Journal of Crop Sciences 20 (1): 61-76 (in Persian).

FAO, 2019. Food and Agriculture Organization United Nation. Rome Italy.

Farshadfar, E., Mahmoudi, N., and Yaghotipoor, A. 2011. AMMI stability value and simultaneous estimation of yield and yield stability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) Australian Journal of Crop Science 5 (13): 1835-1834

Finlay, K. W., and Wilkinson, G. N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Australian Journal of Agricultural Research 14: 742-754.

Francis, T. R., and. Kannenberg, L. W. 1978. Yield stability studies in short-season maize. 1. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science 58: 1029-1034.

Gauch, H. G., 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier. Amsterdam, the Netherlands. 278 pp.

Gauch, H. G., and Zobel, R. W. 1996. AMMI analysis of yield trials. pp. 85–122. In: Kang, M. S., and Gauch, H. G. Jr. (eds.) Genotype- by -environment interaction. CRC Press, Boca Raton, Florida. New York. USA.

Gauch, H. G., and. Zobel, R. W. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. Crop Sciences 31: 311-326

Hanson, W. D. 1970. Genotypic stability. Theoretical and Applied Genetics 40: 226-231.

Hristov, N., Mladenov. N., Djuric. V., Kondic-Spika. A., Marjanovic-Jeromela, A., and Simic, D. 2010. Genotype by environment interactions in wheat quality breeding programs in southeast Europe. Euphytica 174: 315–324.

Kang, M. S. 1988. A rank-sum method for selecting high yielding, stable corn genotypes. Cereal Research Communications 16: 113-115.

Kvitschal, M. V., VidigalFilho, P. S., Scapim, C. A., Gonçalves-Vidigal, M. C., Sagrilo, E., Pequeno M. G., and Rimoldi, F. 2009. Comparison of methods for

phenotypic stability analysis of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes for yield and storage root dry matter content. Brazilian Archives of Biology and Technology 52: 163-175.

Li, W., Yan. Z. H., Wei. Y. M., Lan, X. J., and Zheng, Y. L. 2006. Evaluation of genotype × environment interaction in Chinese spring wheat by the AMMI model, correlation, and path analysis. Journal of Agronomy and Crop Science 192: 221–227.

Liang, C. H. L., and. Walter, E. G. 1996. Estimation of variety-environment interaction in yield tests of three small grains and three significant for the breeding programs. Crop Sciences 6: 135-139.

Mohammadi, R., Armion M., and Ahmadi, M. M. 2011. Genotype-environment interaction for grain yield of durum wheat genotypes using AMMI model. Seed and Plant Improvement Journal 27 (1): 183-198 (in Persian).

Mohammadi, M., Hosseinpour, T., Armion, M., Khanzadeh. H., and Ghojogh, H. 2016. Analysis of genotype, environment and genotype-environment interaction in bread wheat using GGE biplot analysis. Agricultural Communications 4 (3): 1-8.

Mortazavian, M., Bihamta, M., Zali, A., Taleii A., and. Choukan, R. 2009. Adaptability and stability of grain yield maize (*Zea mays*) hybrids by using genotype pattern analysis method (AMMI). Iranian Journal of Field Crop Sciences 40 (1): 147-159 (in Persian).

Najafian, G., Kaffashi A. K., and Jafar-Nezhad, A. 2010. Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. Journal of Agricultural Sciences and Technology 12: 213-222.

Najafi Mirak, T., Moayedi, A. A., Sasani, Sh., and Ghandi, A. 2019. Evaluation of adaptation and grain yield stability of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) genotypes in temperate agro-climate zone of Iran. Iranian Journal of Crop Sciences 21 (2): 127-138 (in Persian).

Nassar, R., and Huehn, M. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics 43: 45-53.

Perkins, J.M., and Jinks, J. L. 1968. Environmental and genotype- environmental components of variability. III. multiple lines and crosses. Heredity 23: 339-356.

Purchase, J. 1997. Parametric analysis to describe genotype-environment interaction and yield stability in winter wheat. Ph. D. thesis. University of the Orange Free State. Bloemfontein, South Africa. 83 pp.

Roemer, T. 1917. Sind die ertragreichen Sorten ertragssicherer? Mitteilungen der

Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft 32: 87-89.

Romagosa, I., and Fox, P. N. 1993. Genotype × environment interaction and adaption. pp. 373 – 390. In: Hayward, M. D., Bosemark N. O., and Romagosa I. (eds.) plant breeding. Chapman and Hall Press. London.

Rose, I. V. L. W., Das M. K., and Taliaferro, C. M. 2008. A comparison of dry matter yield stability assessment methods for small numbers of genotypes of bermudagrass. Euphytica 164: 19–25.

Sabaghnia, N., Dehghani, H., and Sabaghpour, S. H. 2008. The use of an AMMI model and its parameters to analyze yield stability in multi-environment trials. Journal of Agriculture Science 146: 571–581.

Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity 29: 237-245.

Sivapalan, S., Brien, L., Ferrara, G., Hollamby, J. G., and Barclay, P. J. 2000. An adaptation analysis of Australian and CIMMYT/ICARDA wheat germplasm in Australian production environments. Australian Journal of Agriculture Research 51: 903–915.

Tai, G. C. C. 1971. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. Crop Science 11: 184-190.

Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. Ph. D. thesis. P. J. School. Indian Agricultural Research Institute. New Delhi, India.

Vargas, M., J. Crossa, F. A. van Eeuwijk, E. Ramirez., and Sayre, K. 1999. Using partial least squares regression, factorial regression, and AMMI models for interpreting genotype × environment interaction. Crop Science 39: 955-967.

Wricke, G. 1962. Uber eine methode zur erfassung der okologischen streubreite in feldversuchen. Z- Pflanzenzuecht. 47: 92-96.

Yan, W., Hunt, L. A., Sheny, Q., and Szlavnics, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science 40: 597-605.

Zobel, R. W., Wright, M. J., and Gauch, H. G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal 80: 388–393.